



## ZANIMLIVOSTI

### Natjecanje i smotra iz fizike 2017./18.

Natjecanje iz fizike učenika osnovnih i srednjih škola organizira *Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, Agencija za odgoj i obrazovanje i Hrvatsko fizikalno društvo*.

Natjecanje u znanju organizirano je u pet skupina: jedna za osnovne škole i četiri za srednje škole i odvija se kroz tri razine: školska/ općinska, županijska i državna razina.

Školska/ općinska natjecanja su održana 29. siječnja 2018. g. Zadatke je pripremio državno povjerenstvo i elektroničkom poštom poslalo ih u 630 škola domaćina natjecanja (OŠ – 451, ŠS – 179). U natjecanju je sudjelovalo 3616 učenika (OŠ – 1703, ŠS – 1913).

Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na županijsko natjecanje koje je održano 6. ožujka 2018. g. I za ovu razinu natjecanja zadatke je pripremio državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 1229 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 460, ŠS – 769).

Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća, državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 119 učenika (OŠ – 48, ŠS – 71) osnovnih i srednjih škola na državno natjecanje iz fizike.

Pored natjecanja u znanju koje se odvija na spomenute tri razine učenici osnovnih i srednjih škola tijekom školske godine osmišljavaju i izvode pokuse. Na početku školske godine Državnom povjerenstvu je 58 učenika osnovnih škola prijavilo 33 rada te 59 učenika srednjih škola 37 radova. Na jednom pokusu su radili jedan ili dva učenika pod vodstvom jednog mentora/ nastavnika. Tijekom godine učenici su u dva kruga slali radove na procjenu državnom povjerenstvu koje je na kraju najbolje pozvalo na državnu smotru: 6 radova (11 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (9 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje i smotra iz fizike se održalo se u Puli od 17. do 20. travnja 2018. godine. Domaćin je bila Gimnazija Pula iz Pule. Pozvano je ukupno 139 učenika u pratnji 86 mentora.

Na svečanom su otvorenju okupljene natjecatelje i njihove mentore pozdravili v. d. ravnateljice Gimnazije Pula *Tatjana Maras Glavaš*, dr. sc. *Oleg Đaković*, predstavnik Agencije za odgoj i obrazovanje, doc. dr. sc. *Željko Skoko*, predsjednik Državnog povjerenstva za provedbu Natjecanja iz fizike, zamjenik župana *Fabrizio Radin* te pročelnica UO-a za društvene djelatnosti Grada Pule *Elvira Krizmanić Marjanović*. Govornici su istaknuli važnost znanja i napora koji mu prethodi i koji ga podržava, ali i uspjeh svih natjecatelja jer su oni pobjednici već i samim sudjelovanjem na državnom Natjecanju.

Prigodni glazbeno-dramski program otvorenja upriličili su učenici školskog zbora Gymnasium uz mentorstvo profesorice *Elde Duras* te gimnazijska dramska grupa s mentoricom, profesoricom *Meri Šimunov*, koji su izveli scensku igru "Romeo i Julija".

Sudionici još jednom koriste priliku za zahvalu v. d. ravnateljici i djelatnicima Gimnazije Pula iz Pule, čelništvu grada i županije na pruženoj potpori i uspješnoj organizaciji natjecanja.

Više detalja o samoj provedbi natjecanja, kako i o sudionicima natjecanja mogu se vidjeti na mrežnim stranicama <http://natjecanja-iz-fizike.net>.

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

### Osnovne škole

*Bartol Bućan*, OŠ Bol, Split, *Roko Šupe*, OŠ Tituša Brezovačkog, Zagreb, *Ivona Bosec*, OŠ Josipa Kozarca, Slatina, *Luka Passek-Kumerički*, OŠ Ivana Gorana Kovačića, Zagreb, *Vice Perica*, OŠ "Meterize", Šibenik (I. nagrada); *Dorijan Lendvaj*, OŠ Popovača, Popovača, *Leonarda Vuković*, OŠ Ivana Kukuljevića, Belišće, *Elena Bičanić*, OŠ Josipa Kozarca, Slatina, *Klara Tunjić*, OŠ Tituša Brezovačkog, Zagreb (II. nagrada); *Roko Bošković*, OŠ Split 3, Split, *Ivan Premuš*, OŠ Selnica, Selnica, *Frane Doljanin*, OŠ Gripe, Split, *Patrik Pavić*, OŠ Ante Kovačića, Zagreb, *Fran Miletić*, OŠ Ljudevita Gaja, Zaprešić, *Matej Vojvodić*, OŠ Vladimir Deščak, Sveta Nedelja, *Bruno Brščić*, OŠ Poreč, Poreč, *Tvrtko Glunčić*, OŠ Tina Ujevića, Zagreb, *Martina Licul*, OŠ Veli Vrh, Pula (III. nagrada).

### Eksperimentalni radovi

*Patrik Krčma*, Korisnost žarulje, OŠ Ivana Nepomuka Jemeršića, Grubišno Polje (I. nagrada); *Lovro Čanić*, *Martin Mikić*, Apsorpcija zračenja, OŠ Brezovica, Zagreb (II. nagrada); *Mihael Janušić*, *Leon Koluder*, Sonometar, OŠ Ljubo Babić, Jastrebarsko (III. nagrada).

### Srednje škole

#### 1. skupina

*Grgur Premec*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Krešimir Nežmah*, XV. gimnazija, Zagreb, *Josip Marić*, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb (II. nagrada); *Jan Pelić*, Pomorska škola, Bakar, *Jakov Ljubičić*, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb, *Marko Šelendić*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

#### 2. skupina

*Bernard Faulend*, XV. gimnazija, Zagreb, *Marko Srpak*, Prva gimnazija, Varaždin (I. nagrada); *Davor Dobrota*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Maris Planinić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Toma Draganja*, III. gimnazija, Split, *Nikola Jurković*, Gimnazija Metković, Metković, *Marko Korda*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

#### 3. skupina

*Domagoj Perković*, III. gimnazija, Split (I. nagrada); *Bruno Golik*, Prva gimnazija, Varaždin, *Matej Vedak*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Luka Korov*, XV. gimnazija, Zagreb, *Luka Kraljević*, XV. gimnazija, Zagreb, *Andrija Tomorad*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

#### 4. skupina

*Filip Marijanović*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Petra Brčić*, III. gimnazija, Split, *Noa Vidović*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Emil Huzjak*, V. gimnazija, Zagreb, *Lovre Kardum*, Klasična gimnazija Ivana Pavla II. s pravom javnosti, Zadar, *Filip Bilandžija*, III. gimnazija, Osijek, *Roko Smoljić*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

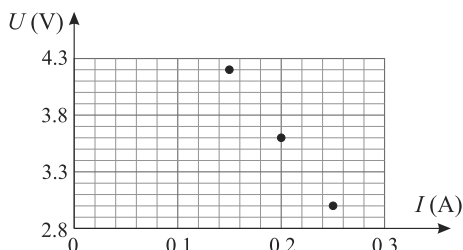
### Eksperimentalni radovi

*Andrea Belamarić*, Curieov motor, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Davor Dobrota*, *Lara Vrabac*, Gibanje projektila u vodi, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada), *Karlo Korona*, Zemljana baterija, Gimnazija Jurja Barakovića, Zadar (III. nagrada).

## Zadaci s Državnog natjecanja

### Osnovna škola – teorija

1. Tea je morala odrediti otpor otpornika pa je u strujni krug serijski vezala taj otpornik, izvor stalnog napona i promjenjivi otpornik koji ima tri položaja, dakle tri različita otpora. Mjerila je struju u krugu i napon na promjenjivom otporniku i dobila ovaj dijagram. Odredi nepoznati otpor i napon izvora.



2. Ivan vuče drveni kvadar po stolu silom 3 N i kvadar se giba stalnom brzinom 20 cm/s. Kad Ivan počne vući taj kvadar duplo većom silom brzina se u dvije desetinke sekunde poveća na 0.5 m/s. Koliki je faktor trenja između stola i drvenog kvadra?

3. Marina je odlučila odrediti specifični toplinski kapacitet bakra. Na štednjaku je u lončiću ugrijala vodu do vrenja i svoj komad bakra mase 312 g stavila u tu vodu i pustila deset minuta u vodi koja kipi. Zatim je taj komad bakra stavila u 5.07 dl vode temperature 21 °C u aluminijskoj posudi, kalorimetru, mase 10.5 dag. Marina je izmjerila konačnu temperaturu vode 25 °C i izračunala specifični toplinski kapacitet bakra. Zatim je pogledala u tablicu u knjizi i usporedila svoj rezultat s onim iz tablice. Koliki je specifični toplinski kapacitet koji je Marina izmjerila i je li veći ili manji od onog navedenog u tablici u knjizi? Obrazloži svoj zaključak. ( $c_{Al} = 890 \text{ J/kgK}$ ,  $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_v = 4200 \text{ J/kgK}$ )

4. Karla ima dvije gumene lopte, jednu promjera 6 cm, a drugu promjera 3 cm. Kad lopte pusti s visine 1.2 m obje odskoče do iste visine 105 cm. Karla je postavila malu loptu na veliku i pustila ih padati s visine 1 m. Velika lopta je sada odskočila samo 30 cm. Do koje visine je odskočila mala lopta? Uputa: Obujam kugle je  $V = \frac{4}{3}r^3\pi$ .

5. Martin ide u školu brzinom 4 km/h putem uz prugu s dva kolosijeka. Kolosijecima jedan prema drugom idu dva motorna vlaka. Motorni vlak nema lokomotivu već su vozač i motor u prvom vagonu. Jedan vlak ima 9 a drugi 10 vagona i voze jednakim brzinama. U trenutku kad su došli do Martina upravo su se sreli. Martin je nastavio hodati. U jednom trenutku zadnji kraj svakog od dva vlaka bio je poravnat s njegovim položajem. Martin je zaključio da može izračunati brzinu tih vlakova ako zanemari razmak između vagona i smatra da su svi vagoni jednako dugi. Kolika je ta brzina?

### Osnovna škola – eksperimentalni radovi

1. Na stolu imaš nekoliko matica. Odredi gustoću matice. Jasno opiši postupak i mjerenja.

2. Na nit konca dugu 40 cm veži jednu veliku maticu i napravi njihalo. Istraži kako se mijenja frekvencija tvog njihala kad mijenjaš početnu visinu s koje pustiš njihalo.

a) Napiši svoju pretpostavku.

b) Izmjeri frekvenciju za 3 različite početne visine (odnosno 3 različita kuta otklona).

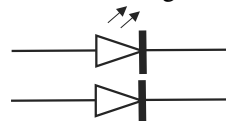
c) Mjerenja prikaži i u dijagramu.

d) Napiši svoj zaključak.

3. *Dioda* je elektronički element s dvjema elektrodama kojemu električna vodljivost izrazito ovisi o polaritetu električnog napona između elektroda, pa zato propušta električnu struju samo u jednom smjeru. Dioda se rabe za ispravljanje izmjeničnih veličina u istosmjernu.

Svjetleća dioda ili LED (engl. *Light Emitting Diode*) svijetli pri prolasku struje i upotrebljava se kao pretvornik električne informacije u svjetlosnu, većinom za signalna svjetla različitih boja.

U shemama strujnih krugova LE diodu prikazujemo simbolom



Ili jednostavnije simbolom za diodu.

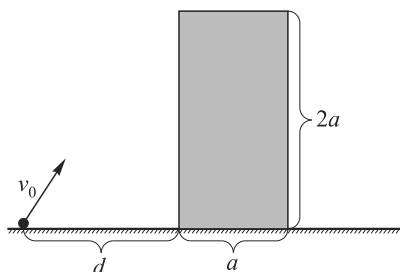
Na stolu imaš LE diodu. Istraži kako se mijenja napon na diodi u ovisnosti o struji kroz diodu u propusnom smjeru. Je li otpor diode stalan?

Izvrši četiri mjerenja za četiri različite struje. Za svaki spoj nacrtaj shemu i jasno naznači položaj mjernih instrumenata i navedi pripadne izmjerene vrijednosti. Mjerenja prikaži i u dijagramu.

## Srednje škole – teorija

### 1. skupina

1. Čovjek se nalazi ispred zgrade oblika kvadra širine  $a$  i visine  $2a$  i u ruci drži lopticu. Čovjek želi lopticu prebaciti preko zgrade dajući joj najmanju moguću početnu brzinu  $v_0$ . Pritom čovjek izbacuje lopticu s udaljenosti  $d$  od zgrade takve da je ispunjen uvjet najmanje moguće brzine. Zanimarite visinu čovjeka, odnosno pretpostavite da je loptica izbačena s tla, kao što je prikazano na slici. Sve rezultate izrazite preko dvije poznate veličine: širina zgrade  $a$  i gravitacijsko ubrzanje  $g$ .

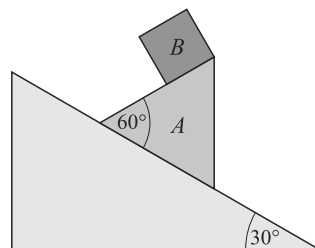


a) Izračunajte najmanji mogući iznos brzine  $v_0$  takav da loptica prebaci zgradu.

b) Izračunajte udaljenost od zgrade  $d$  s koje čovjek treba baciti lopticu tako da je brzina  $v_0$  najmanja moguća.

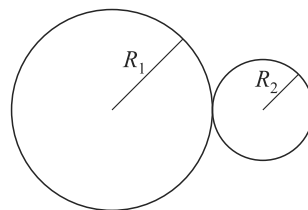
c) Izračunajte maksimalnu visinu koju postiže malo tijelo za vrijeme leta u odnosu na horizontalnu podlogu.

2. Na kosini nagiba  $30^\circ$  u odnosu na horizontalu nalazi se tijelo A, a na tijelu A nalazi se tijelo B. Kosina je nepomična, dok se tijelo A može gibati po kosini, a tijelo B po tijelu A. Mase tijela A i B odnose se kao  $m_A : m_B = 3 : 1$ . Koeficijent trenja između tijela A i kosine iznosi  $\frac{\sqrt{3}}{4}$ , dok je trenje između tijela B i tijela A zanemarivo. U početnom trenutku sustav je pušten da se giba iz mirovanja.



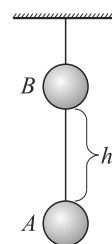
- Skicirajte sve sile koje djeluju na tijelo  $A$  i sve sile koje djeluju na tijelo  $B$ .
- Izračunajte ubrzanje tijela  $A$  u referentnom sustavu kosine.
- Izračunajte ubrzanje tijela  $B$  u referentnom sustavu tijela  $A$ .

3. Dva valjka polumjera  $R_1$  i  $R_2$  ( $R_1 > R_2$ ) stoje na svojim bazama na horizontalnoj podlozi. Na slici je prikazan njihov početni položaj. Valjak većeg polumjera miruje, a onaj manjeg se kotrlja bez klizanja po valjku većeg polumjera u smjeru kazaljke na satu. Kutna brzina rotacije manjeg valjka oko osi koja prolazi kroz njegovo središte iznosi  $0.1\pi$  rad/s. Omjer polumjera valjaka je  $\frac{R_1}{R_2} = 2$ .



- Izračunajte koliko će okreta oko osi koja prolazi kroz njegovo središte (i koja se zajedno s njim pomiče) napraviti manji valjak dok se ne vrati u početni položaj.
- Izračunajte vrijeme nakon kojeg će se manji valjak vratiti u početni položaj.
- Neka je polumjer manjeg valjka 10 cm. Odredite i skicirajte vektor pomaka središta manjeg valjka nakon  $\Delta t = 5$  s od početka gibanja. Odredite vektor srednje brzine translacije središta manjeg valjka po pomaku u istom vremenskom intervalu i izračunajte iznos te brzine.

4. Kuglica  $A$  pričvršćena je za elastičnu nit čiji je drugi kraj učvršćen za strop. Kuglica  $B$  duž svog promjera ima rupu kroz koju ju provučena elastična nit. U početnom trenutku kuglica  $A$  miruje u ravnotežnom položaju, a kuglicu  $B$  pustimo da slobodno pada s visine  $h = 0.8$  m iznad kuglice  $A$ , kao što je prikazano na slici. Nakon elastičnog sudara s kuglicom  $A$  kuglica  $B$  se popne za  $\frac{h}{4}$  u odnosu na visinu na kojoj se nalazi neposredno nakon sudara. Masa kuglice  $B$  iznosi 200 g.



Izračunajte masu kuglice  $A$ .

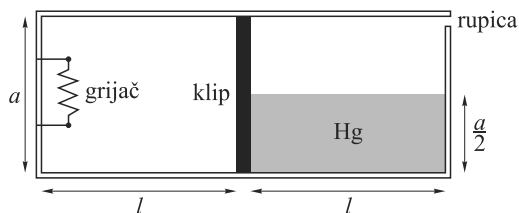
Izračunajte iznos i smjer brzine kuglica  $A$  i  $B$  neposredno nakon sudara.

U najnižem položaju kuglice  $A$  nakon sudara elastična nit je rastegnuta maksimalno koliko je moguće da ne dođe do pucanja niti. Ako elastična nit može izdržati maksimalno opterećenje od 18 N, izračunajte konstantu njezine elastičnosti  $k$ .

Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

## 2. skupina

1. Klip zanemarive debljine i mase, može se gibati bez trenja u cilindru kvadratnog presjeka u vodoravnom smjeru. Stjenke posude i klip izrađeni su tako da ne dozvoljavaju izmjenu topline kroz njih. Lijeva komora je ispunjena idealnim jednoatomnim plinom, a desna živom do polovine visine. Desna komora je spojena s okolišem (atmosferski tlak) putem rupice na vrhu komore.



Duljina svake komore je  $l = 5.00$  cm a visina  $a = 4.00$  cm. Početna temperatura je  $27^\circ\text{C}$ .

Plin se zagrije pomoću grijača u komori i klip istisne svu živu iz komore.

a) Znajući da je srednja vrijednost tlaka kojim živa djeluje na klip jednaka tlaku kojim ona djeluje na polovici svoje visine, nađite ovisnost tlaka plina o volumenu  $p(V)$  u ravnoteži, prilikom promjene volumena  $V$  u komori u kojoj je grijač ( $0 \leq V \leq V_{\max}$ ).

b) Odredite temperaturu plina kada klip dođe do kraja posude.

c) Odredite rad plina u tom procesu.

d) Izračunajte toplinu prenijetu plinu putem grijača.

**2.** Zatvorena posuda podijeljena je s klipom u dvije komore. Stjenke posude ne dopuštaju izmjenu topline s okolišem. Klip površine  $500 \text{ cm}^2$  ne dopušta razmjenu topline između dvije komore i klizi se bez trenja. Svaka komora sadrži  $V_0 = 40 \text{ L}$  idealnog dvoatomnog plina pri tlaku  $p_0 = 1 \text{ atm}$  i temperaturi  $T_0 = 0^\circ \text{C}$ . Toplina se, pomoću grijača, predaje plinu u prvoj komori dok se početni tlak ne utrostruči u drugoj komori.

Kad je sustav u ravnoteži izračunajte:

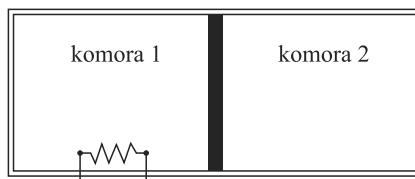
a) konačnu temperaturu u drugoj komori,

b) konačnu temperaturu plina u prvoj komori,

c) toplinu predanu plinu u prvoj komori,

d) rad koji plin u prvoj komori obavi na plinu u drugoj,

e) pomak klipa u odnosu na početni položaj.



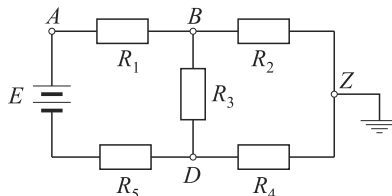
**3.** Elektron ulijeće brzinom  $v_0 = 5.6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  u prostor između dvije dugačke paralelne ploče, od kojih je gornja pozitivno, a donja negativno nabijena. Elektron ulijeće točno na polovici udaljenosti između ploča, a početna brzina je pod kutom  $\alpha = 45^\circ$  prema negativno nabijenoj ploči. Udaljenost između ploča je  $D = 2 \text{ mm}$ , a razlika potencijala među njima je  $\Delta V = 100 \text{ V}$ .

Odredite:

a) kolika je najmanja udaljenost koju će elektron dostići u odnosu na negativno nabijenu ploču,

b) gdje će se elektron sudariti s pozitivno nabijenom pločom.

**4.** Električni krug na slici spojen je u točki Z sa zemljom. Električne komponente od kojih se sastoji imaju sljedeće vrijednosti:  $E = 10 \text{ V}$  (unutarnji otpor je zanemariv),  $R_1 = 80 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 20 \Omega$ ,  $R_4 = 120 \Omega$ ,  $R_5 = 30 \Omega$ . Izračunajte potencijal u točki A u odnosu na točku Z.



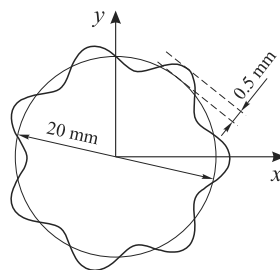
Vrijednosti konstanta:  $\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$ ;  $m_e = 9.10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $q_e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ;  $R = 8.31 \text{ J/K mol}$ .

### 3. skupina

**1.** Na tankom prstenu radijusa  $R = 10 \text{ mm}$  formira se transversalni stojni val kao na slici. Valnu jednadžbu možemo zapisati kao udaljenost prstena od središta u ovisnosti o vremenu  $t$  i kutu  $\varphi$ :

$$r(t, \varphi) = R + a \cos(kR\varphi) \cos(\omega t).$$

a) Iako ovaj val nema rub, i dalje postoji jedan uvjet koji određuje njegove prirodne frekvencije titranja. Napiši



općenito koje su vrijednosti valnog broja  $k$  dozvoljene i nađi najmanji  $k$ .

b) Nađi vrijednost parametara  $a$  i  $k$  koji odgovaraju stojnom valu sa slike.

c) Stojni val je nastao na prstenu interferencijom dva 'ravna' vala koji su se gibali u suprotnim smjerovima. Nađi faznu brzinu tog jednog vala u prstenu ako je za dani  $k$  iz (b) frekvencija  $f = 540$  kHz.

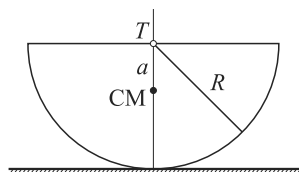
**2.** Avionski radar prati avion. On radi tako da odašilje kratki puls elektromagnetskog zračenja frekvencije  $f = 2.4$  GHz. Puls putuje od radara, udara u avion ili neki drugi objekt u zraku i odbija se natrag. Radar zabilježi položaj iz kojeg se vratio puls, koliko je prošlo između odašiljanja i povratka pulsa, te frekvenciju povratnog pulsa. Nakon odaslanog pulsa isti se vratio pod kutom od  $\alpha = 20^\circ$  u odnosu na horizontalu, nakon  $\tau = 0.2$  ms, s frekvencijom koja je viša za  $\Delta f = 3.8$  kHz.

Nađi visinu aviona  $H$ , njegovu horizontalnu udaljenost  $D$  i brzinu mu  $\vec{v}$ , ako znamo da je brzina horizontalna (avion leti na istoj visini, ne spušta se i ne diže).

*Napomena.* Promjena frekvencije se promatra u istom referentnom sustavu (radar), stoga ne treba koristiti nikakve relativističke formule! Brzina elektromagnetskog zračenja je  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

**3.** Poluvaljak mase  $m$  i radijusa  $R$ , kao na slici, stoji na stolu. Centar mase poluvaljka (CM) je udaljen  $a = \frac{4R}{3\pi}$  od točke  $T$  središta ravne plohe. Nađi period malih oscilacija tog poluvaljka. Iskoristi aproksimaciju malih kutova:

$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}.$$

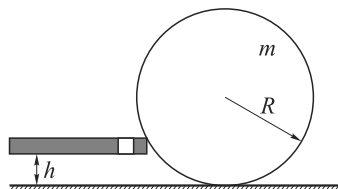


**4.** Monika udara biljarsku kuglu štapom na visini  $h = \frac{R}{5}$ . Tik nakon udara kugla se počne gibati (bez odskakanja) tako da joj brzina centra mase iznosi  $v_0 = 0.5$  m/s. Biljarska kugla ima masu  $m = 0.2$  kg i promjer  $d = 50$  mm.

a) Nađi brzinu rotacije kugle  $\omega_0$  iz sustava centra mase kugle tik nakon Monikinog udara!

b) Nađi brzinu centra mase  $v(t)$  i kutnu brzinu iz sustava centra mase  $\omega(t)$  tokom cijelog gibanja. Skiciraj  $\omega-t$  i  $v-t$  grafove! Koja je konačna brzina kugle?

Koeficijent trenja dodirne točke kugle i stola je  $\mu = 0.03$ , a moment inercije kugle je  $I = \frac{2}{5}mR^2$ . Trenje kotrljanja zanemarujemo.



#### 4. skupina

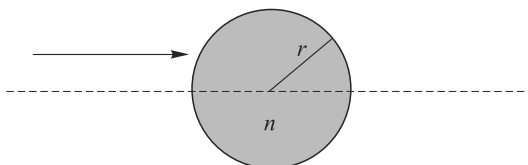
**1.** Tijelo miruje u ishodištu inercijalnog sustava  $S$  do trenutka  $t = 0$  kad se počne gibati jednoliko ubrzano u pozitivnom smjeru osi  $x$ . Nakon  $\tau$  sekundi tijelo dosegne brzinu  $\frac{4}{5}c$ , nakon čega se nastavi jednoliko gibati tom brzinom. Nazovimo početak ubrzanog gibanja događaj  $A$ , a završetak ubrzanog gibanja događaj  $B$ .

a) Odredite prostorno-vremenske koordinate  $(x', t')$  događaja  $A$  i  $B$  u inercijalnom sustavu  $S'$  koji se giba brzinom  $\frac{4}{5}c$  u pozitivnom smjeru osi  $x$  u odnosu na  $S$ .

b) Nađite kako položaj tijela ovisi o vremenu  $x'(t')$  za promatrača iz  $S'$ . Ograničite se na vremenski period između događaja  $A$  i  $B$ . Je li gibanje jednoliko ubrzano i u sustavu  $S'$ ?

Odgovore zapišite preko zadanih veličina  $c$  i  $\tau$ , te numeričkih faktora.

2. Staklena kuglica polumjera  $r = 5$  cm i indeksa loma  $n = 1.45$  smještena je na optičkoj osi, kao na slici. Pokažite da se sve paraksijalne zrake koje upadaju na kuglicu sijeku u istoj točki nakon izlaska s druge strane kuglice. Drugim riječima, za takve zrake kuglica predstavlja konvergentnu leću. Odredite efektivnu žarišnu duljinu  $f$  kuglice za paraksijalne zrake.



*Napomena.* Paraksijalne zrake su zrake svjetlosti koje upadaju paralelno optičkoj osi, te dovoljno blizu nje da se mogu iskoristi aproksimacije malih kutova.

3. U središtu metalne izolirane sfere nalazi se izvor monokromatskog zračenja snage  $P = 100$  W. Sfera je načinjena od srebra, čiji je izlazni rad  $W = 4.5$  eV.

a) Kolika mora biti minimalna frekvencija zračenja  $\nu_0$  da bi se sfera mogla ionizirati fotoelektričnim efektom?

U nastavku zadatka uzmite da je frekvencija zračenja  $\nu = 2\nu_0$  te da svaki emitirani foton izbaci jedan elektron.

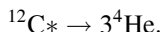
b) Koliko dugo mora biti uključen izvor zračenja da se sfera nabije nabojem  $Q = 1$  C?

c) Kolika je ukupna kinetička energija svih izbačenih elektrona u tom slučaju?

d) Kojom se brzinom gibaju elektroni pri izlasku iz metala?

Prilikom računa zanemarite elektrostatsko privlačenje pozitivno nabijene sfere i izbijenih elektrona.

4. Hoyleova rezonanca pobuđeno je stanje jezgre ugljika  $^{12}\text{C}$  s energijom pobuđenja  $E^* = 7.7$  MeV. U laboratorijskom sustavu, Hoyleova rezonanca se, iz mirovanja, raspada na tri identične alfa-čestice, tj. jezgre helija  $^4\text{He}$ ,



U tročestičnim raspadima poput ovog, kinematika produkata nije jednoznačno zadana (za razliku od dvočestičnih raspada!) već postoji beskonačno različitih kombinacija energija i međusobnih kutova koju tri alfa-čestice mogu poprimiti. Međutim, postoji sustavan način za analizu tročestičnih raspada, putem tzv. Dalitzovog dijagrama.

a) Za početak izračunajte  $Q$  vrijednost ove reakcije. Ukoliko je dobivena vrijednost puno manja ( $< 1\%$ ) od energije mirovanja jezgre helija, dalje možete koristiti formule nerelativističke kinematike, dok je u suprotnom potrebno koristiti formule relativističke kinematike.

b) Uvedite kinematičke varijable  $t_i = T_i/Q$ , gdje je  $T_i$  kinetička energija  $i$ -te alfa-čestice, te  $\theta_{ij}$  kao kut između  $i$ -te i  $j$ -te alfa-čestice. Koristeći zakone očuvanja, prikažite sve  $t_i$  varijable pomoću Dalitzovih varijabli  $x$  i  $y$  definiranih preko

$$x = \sqrt{3}(t_1 - t_2), \quad y = 2t_3 - t_1 - t_2.$$

Osim toga, pokažite i da se svi kutovi  $\theta_{ij}$  mogu izraziti preko kinetičkih energija  $t_i$ , pa posredno, i preko  $x$  i  $y$ . Dakle, kinematika produkata tročestičnog raspada je u potpunosti određena parametrima  $x$  i  $y$ .



c) Da biste odredili dozvoljene vrijednosti Dalitzovih parametara u  $xy$  ravnini, prisjetite se da kinetička energija svake alfa-čestice ne smije biti negativna,  $t_i \geq 0$ . Odredite kako ove nejednakosti ograničavaju dozvoljene vrijednosti Dalitzovih parametara u  $xy$  ravnini.

d) Osim pozitivnosti kinetičkih energija, i međusobni kutovi među česticama moraju zadovoljavati određeni uvjet,  $\cos \theta_{ij} \in [-1, +1]$ . Kako ovaj zahtjev dodatno ograničava dozvoljene vrijednosti u  $xy$  ravnini? Dovoljno je samo promotriti kut  $\theta_{12}$ .

e) Označite područje na dozvoljenom dijelu dijagrama gdje vrijedi  $t_1 = t_2$ . Koje sve vrijednosti može poprimiti  $t_3$  u tom slučaju?

f) Označite područje na dozvoljenom dijelu dijagrama gdje vrijedi  $\theta_{12} = \pi/2$ . Koje sve vrijednosti može poprimiti  $t_3$  u tom slučaju?

Energije mirovanja jezgri ugljika i helija su  $m(^{12}\text{C})c^2 = 11.178 \text{ GeV}$  i  $m(^4\text{He})c^2 = 3.727 \text{ GeV}$ .

Vrijednosti fizikalnih konstanti: brzina svjetlosti:  $c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; elementarni naboj:  $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; masa elektrona:  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; Planckova konstanta:  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s} = 4.14 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}$ .

## Srednje škole – eksperimentalni radovi

### 1. skupina – određivanje faktora kinetičkog trenja metalne pločice i drvenog kvadra

**Pribor:** Drveni kvadar poznate mase  $M$ , uteg poznate mase  $m$ , metalna pločica poznate mase  $m_p$ , nit, stegač, metalna šipka, dinamometar, ravnalo.

**Zadatak.** Odredite faktor kinetičkog trenja između metalne pločice i drvenog kvadra.

U sklopu zadatka treba:

- objasniti teorijsku podlogu mjerenja,
- nacrtati odgovarajuće dijagrame sila,
- izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti faktor kinetičkog trenja između metalne pločice i drvenog kvadra,
- napraviti 10 mjerenja, podatke prikazati tablično, odrediti srednju vrijednost faktora trenja i odstupanja od srednje vrijednosti, podatke prikazivati s odgovarajućim pouzdanim znamenkama.

### 2. skupina – električna otpornost materijala ( $\rho$ ) i unutarnji otpor ( $r$ ) izvora struje

**Pribor:** Žica napravljena od materijala čiju električnu otpornost  $\rho$  treba odrediti, baterija 4.5 V, ampermetar (ako je priložen multimetar – smije se koristiti samo kao ampermetar), 3 žice za spajanje, 4 krokodilke, milimetarski papir, plastična cjevčica, samoljepiva traka, ravnalo s mjernom skalom.

**Zadatak.** Odrediti električnu otpornost  $\rho$  materijala od kojeg je načinjena priložena žica te unutarnji otpor  $r$  izvora struje, *grafičkom metodom* (druge metode, npr. rješavanje sustava jednadžbi će se bodovati s manjim brojem bodova).

U sklopu zadatka treba:

- nacrtati strujni krug pomoću kojeg će se vršiti mjerenja,
- teorijski obrazložiti postupak mjerenja i određivanja električne otpornosti  $\rho$  materijala od kojeg je načinjena priložena žica te unutarnjeg otpora  $r$  izvora struje: opisati koje veličine ćete mjeriti i kako, izvesti odgovarajuće jednadžbe, obrazložiti kako

ćete rezultate mjerenja prikazati grafički (*treba biti linearna funkcija*) da bi pomoću grafa odredili električnu otpornost  $\rho$  i unutarnji otpor  $r$  izvora struje,

- c) napraviti najmanje 10 mjerenja i rezultate prikazati tabelarno,
- d) rezultate prikazati grafički na milimetarskom papiru (*linearna funkcija*),
- e) pomoću grafa odrediti električnu otpornost  $\rho$  materijala,
- f) pomoću grafa odrediti unutarnji otpor  $r$  izvora struje.

### 3. skupina

#### 1. dio

**Pribor:** Metalni L profil (stalak), stegač, vijak M5, 6 matica i 4 podloška M5, (plastični vijak M8, 2 plastične matice), drvena letvica s kugličnim ležajem i rupom promjera 8 mm, mjerna traka, (kutomjer), “fidget spinner”, zaporni sat, vaga, gumena traka.



Na slici je prikazana popularna igračka “fidget spinner” ili vrtjelica. Ovaj model se sastoji od tri kraka i središta s kugličnim ležajem koji omogućuje rotaciju igračke. Ležajevi pri vrhovima krakova su dodatne mase. Dodane su i kuglice ležajeva.

**Zadatak.** Pomoću zadanog pribora odredite moment tromosti vrtjelice s obzirom na os rotacije koja prolazi okomito kroz njezino središte, prikazano na slici. Moment tromosti treba odrediti uz što je više moguća pojednostavljenja.

Objasnite koja su to pojednostavljenja i zašto se primjenjuju.

Opišite kako su mjerenja izvedena, koje ste fizikalne zakonitosti primjenjivali, koje fizikalne veličine mjerili kako bi sa zadanim priborom odredili moment tromosti vrtjelice.

Rezultate mjerenja prikažite tablično. Procijenite točnost mjerenja.

#### 2. dio

Na drvenu letvicu s kugličnim ležajem i rupom promjera 8 mm pričvrstite vrtjelicu pomoću plastičnog vijka. Postavite letvicu s vrtjelicom tako da se njiše u vertikalnoj ravnini, oko osovine koja prolazi okomito kroz kuglični ležaj.

**Zadatak.** Opišite i objasnite opažanja u slučajevima kada za vrijeme njihanja vrtjelica može rotirati oko osi koja prolazi okomito kroz njezino središte i kada ona ne može rotirati. Rezultate prikažite tablično i procijenite točnost svojih mjerenja.

Odredite period takvog njihala za ova dva slučaja:

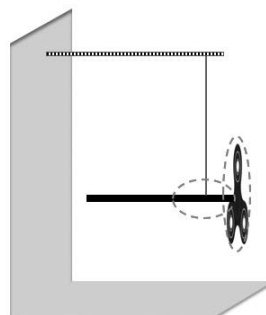
- a) kada vrtjelica može rotirati oko plastičnog vijka,
- b) kada ste pomoću gumene vrpce onemogućili rotaciju vrtjelice oko plastičnog vijka.



#### 3. dio

**Pribor:** Metalni L profil (stalak), stegač, navojna šipka promjera 5 mm, 4 matice i 2 podloška M5, nit konca, mjerna traka, “fidget spinner”, zaporni sat, vaga, šipka (drvena ili aluminijska) promjera 8 mm, vrtilo i kukica.

U prvom dijelu odredili ste moment tromosti “fidget spinnera”, ovaj podatak će vam biti potreban u nastavku zadatka. Postavite vrtjelicu pažljivo na jedan kraj šipke promjera 8 mm tako da se ne može pomicati duž šipke.



Zavežite konac na šipku. Drugi kraj konca s vrtalom i kukicom zakačite na kraj navojne šipke koju ste prethodno učvrstili na metalni L profil.

Nakon što ste zarotirali vrtjelicu oko osovine koja prolazi njezinim središtem, ovješena vrtjelica nastavi rotirati (precesija) i oko niti koja je učvršćena na svojem gornjem kraju. Precesija se mora koliko god je to moguće odvijati u horizontalnoj ravnini.

**Zadatak.** Vaš je zadatak u ovom dijelu, da na osnovu daljnjih mjerenja i poznatog momenta tromosti iz prvog dijela zadatka, odredite potreban broj okretaja vrtjelice kako bi ona izvodila precesijsko gibanje u horizontalnoj ravnini.

Objasnite pomoću kojih fizikalnih veličina ćete izraziti kutnu brzinu precesije?

Precrtajte priloženi crtež. Pojednostavnjenja radi umjesto vrtjelice nacrtan je disk.

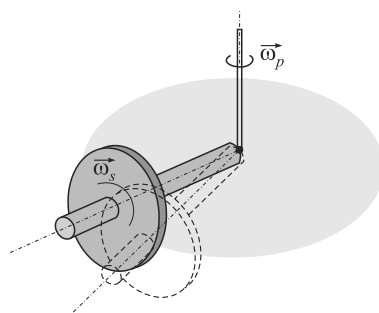
Označite smjerove rotacija. Kako se smjerovi rotacija međusobno odnose?

Označite i imenujte na slici fizikalne veličine pomoću kojih ćete doći do jednadžbe u koju ćete uvrstiti svoje mjerne podatke kako bi odredili kutnu brzinu precesije. Ako se radi o vektorskim veličinama, označite i raspravite njihove smjerove!

Ukratko objasnite i sve fizikalne zakonitosti koje ste primjenjivali.

Raspravite rezultate svojih mjerenja. Opišite svoja opažanja uz izvođenje mjerenja.

Razmislite o poboljšanju eksperimentalne metode određivanja momenta tromosti vrtjelice i predložite neku drugu mogućnost mjerenja.



#### 4. skupina

**Pribor:** Staklena čaša, tanki drveni štapić za roštilj, spužva, škare, ravbalo, pomična mjerka, tanki flomaster, bočica s vodom, posuda s uljem, papirnati ubrusi.

**Zadatak.** Odredite indeks loma za vodu i ulje tako da:

- apišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka uz odgovarajuću skicu i algebarski izraz,
- apišete način rada uz odgovarajuću skicu i korištene izraze,
- tablično prikazete rezultate za minimalno pet mjerenja za vodu i za ulje,
- provedete račun slučajnih pogrešaka uz zapis točnog rezultata i određivanje relativne maksimalne pogreške,
- ukratko komentirate preciznost mjerenja prema dobivenoj maksimalnoj relativnoj pogrešci,
- usporedite dobivene rezultate indeksa loma za vodu i ulje,
- navedete na koji ste način postigli što veću preciznost mjerenja,
- prema stečenom eksperimentalnom iskustvu nabrojite minimalno tri čimbenika koji su utjecali na preciznost mjerenja,
- navedete barem jedno područje u kojem je danas uspješna primjena teorijske osnove koja je omogućila određivanje indeksa loma.

*Željko Skoko*